

**OPTICAL ELEMENT FOR CORRECTING CHROMATIC ABERRATION,  
OPTICAL PICKUP DEVICE HAVING THIS ELEMENT AND OPTICAL  
REPRODUCING DEVICE AND OPTICAL RECORDING AND  
REPRODUCING DEVICE HAVING THIS PICKUP DEVICE**

Patent Number: JP2000019388  
Publication date: 2000-01-21  
Inventor(s): YAMAMOTO KENJI;; ICHIMURA ISAO;; MAEDA FUMISADA;; WATANABE  
TOSHIO;; SUZUKI AKIRA;; OSATO KIYOSHI  
Applicant(s): SONY CORP  
Requested  
Patent: ☐ JP2000019388  
Application  
Number: JP19980184918 19980630  
Priority Number  
(s):  
IPC  
Classification: G02B13/00; G02B13/18; G11B7/135; G11B11/10  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical element for correcting chromatic aberration coping with the short wavelength of a light source and an optical pickup device, an optical reproducing device and an optical recording and reproducing device having the optical element for correcting chromatic aberration and coping with the higher recording density and the larger capacity of an optical recording medium.

**SOLUTION:** This optical element for correcting chromatic aberration 1 is disposed between the light source such as a semiconductor laser whose wavelength is  $\leq 440$  nm and an objective lens 2 whose NA(numerical aperture) is  $\geq 0.55$ , whose focal distance is  $\geq 1.8$  mm and whose Abbe number of a (d)-line is  $\leq 95.0$ . Besides, it is provided with at least a convex lens 1a whose Abbe number of the (d)-line is  $\geq 55$  and a concave lens 1b whose Abbe number of the (d)-line is  $\leq 35$ .

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-19388

(P 2 0 0 0 - 1 9 3 8 8 A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G02B 13/00		G02B 13/00	2H087
13/18		13/18	5D075
G11B 7/135		G11B 7/135	A 5D119
11/10	551	11/10	551 D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全30頁)

(21) 出願番号 特願平10-184918

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 山本 健二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 市村 功

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 前田 史貞

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

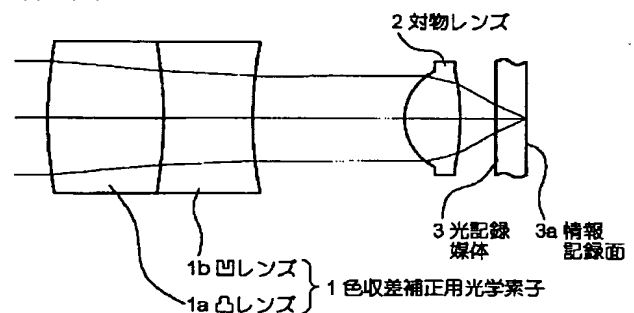
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置

## (57) 【要約】

【課題】 光源の短波長化に対応する色収差補正用光学素子を提供するとともに、この色収差補正用光学素子を具備して光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置および光再生装置ならびに光記録再生装置を提供することである。

【解決手段】 波長が440nm以下である半導体レーザー等の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズ2との間に配設される色収差補正用光学素子1が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズ1aと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズ1bとを有することを特徴とする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長が440nm以下の光源と、  
NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする色収差補正用光学素子。

【請求項2】 波長が440nm以下の光源と、  
NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする色収差補正用光学素子。

【請求項3】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、  
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする光学ピックアップ装置。

【請求項4】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、  
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする光学ピックアップ装置。

【請求項5】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレンズであることを特徴とする請求項3または請求項4に記載の光学ピックアップ装置。

【請求項6】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、

2

前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、  
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする光再生装置。

10 【請求項7】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、  
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、  
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする光再生装置。

20 【請求項8】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレンズであることを特徴とする請求項6または請求項7に記載の光再生装置。

【請求項9】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、  
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、  
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、  
前記色収差補正用光学素子が、  
40 少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする光記録再生装置。

【請求項10】 少なくとも波長が440nm以下の光源と、  
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、  
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、  
50

前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、

前記色収差補正用光学素子が、

少なくとも d 線のアッペ数が 5.5 以上の凸レンズと、d 線のアッペ数が 3.5 以下の凹レンズとを有することを特徴とする光記録再生装置。

【請求項 11】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレンズであることを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の光記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に関し、さらに詳しくは、光学系の各光学面で生じる色収差を補正する色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CD (Compact Disc) に代表される ROM (Read Only Disc) 型の光ディスク、相変化ディスクや光磁気ディスクに代表される RAM (Random Access Memory) 型の光ディスク、あるいは光カード等の光記録媒体は、映像情報、音声情報あるいは情報機器用プログラム等の格納媒体として広く使用されている。これらの光記録媒体では次第に高密度大容量化が図られ、これに対応する光学ピックアップ装置では光源、たとえば半導体レーザの短波長化や対物レンズの大 NA (Numerical Aperture) 化が図られ、対物レンズを介して集光される集光スポットの小径化が図られている。たとえば、比較的初期に商品化された CD では光源の波長が 780 nm に設定されたのに対して、近年商品化された DVD (Digital Video Disc あるいは Digital Versatile Disc) では光源の波長が 650 nm または 635 nm に設定されている。しかしながら、近年ではさらなる光記録媒体の高密度大容量化が望まれており、これに対応して光源の波長は益々短波長化の傾向にある。

【0003】色収差はレンズあるいは光学系が多波長あるいは連続波長を扱わなければならないときに生じる収差であり、光学材料の屈折率は波長によって異なるためにレンズの焦点距離も異なる。すなわち、可視域における光学材料の屈折率は正規分布を示すため、屈折率は赤色光より青色光に対して大となる。たとえば凸型ガラスレンズでは青色光の焦点距離は赤色光の焦点距離よりも小となる。半導体レーザから出射されるレーザ光の波長は一般に単色 (シングルモード) であり、色収差はないものと思われているが、実際にはほぼ数 nm 程度の波長

幅を有している。また、半導体レーザから出射されるレーザ光が温度変化等により中心波長が数 nm 突然とぶ、いわゆるモードホッピングを起こす場合もある。

【0004】したがって、光記録媒体のさらなる高密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置に、たとえばほぼ 440 nm あるいは 440 nm 以下の短波長半導体レーザを用いた場合、波長のずれにより対物レンズで生じる色収差は許容できない重要な問題点となる。短波長で色収差が大となることについては二つの原因が考えられる。第 1 の原因は、一般の対物レンズは短い波長を取り扱う場合、微小な波長の変動に対して屈折率の変化が大となり、焦点の移動量であるデフォーカス量が大となることである。第 2 の原因は、光記録媒体のさらなる高密度大容量化とともに対物レンズで収束される収束スポットの径を極力小とする必要があるが、対物レンズの焦点深度  $d$  は  $d = \lambda / (NA)^2$  (ただし、 $\lambda$  は光源の波長、 $NA$  は対物レンズの開口数) で表されるように、取り扱う波長が短いほど焦点深度  $d$  が小となり、僅かなデフォーカスさえも許されないことである。

【0005】対物レンズの色収差を小とするには、対物レンズに分散が小である光学材料を用いることが挙げられるが、短波長ではそれでも色収差は大である。また、対物レンズを複数枚のレンズで構成したアクロマートレンズとすることが可能であるが、複数枚のレンズで構成したアクロマートレンズは重量が大となる。たとえば、この重量が大であるアクロマートレンズを対物レンズとして用い、これをフォーカシング方向とトラッキング方向に制御駆動する二軸アクチュエータに用いた場合では、フォーカシングサーボ特性およびトラッキングサーボ特性等のサーボ品質の低下を招く虞がある。また、重量が大であるアクロマートレンズを対物レンズとして用いた場合、二軸アクチュエータのドライブ電流に大電流が必要となるとともにドライブ回路や電源等が大型化し、光学ピックアップ装置およびこれを具備する光再生装置や光記録再生装置の小型化を阻害する虞がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、光源の短波長化に対応する色収差補正用光学素子を提供するとともに、この色収差補正用光学素子を具備して光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置および光再生装置ならびに光記録再生装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項 1 の発明の色収差補正用光学素子は、波長が 440 nm 以下である半導体レーザ等の光源と、 $NA$  が 0.55 以上、焦点距離が 1.8 mm 以上且つ d 線のアッペ数が 9.5.0 以下である対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、色収差補正用光学素子が、少なくとも d 線のアッペ数が 5.5 以上の凸レン

ズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0008】請求項2の発明の色収差補正用光学素子は、波長が440nm以下である半導体レーザ等の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0009】すなわち、請求項1、2の発明の色収差補正用光学素子は、色収差補正用光学素子が配設される位置の光束が収束光束であるか発散光束であるかに関わらず、光源と対物レンズの間に配設され、透過した波面に他の光学面で発生する色収差とは逆の極性の色収差を発生するように構成されている。したがって、対物レンズを透過して焦点を結んだときの波面は色収差がキャンセルされた状態であり、光学系全体として光源の波長変動の範囲内で良好に色収差が補正される系となっている。

【0010】色収差は、光源の波長変動 $\Delta\lambda$ により光学材料の屈折率 $n$ が $\Delta n$ だけ変化することにより生じる。そして、そのときの薄レンズの焦点距離 $f$ の変化 $\Delta f$ は下記式(1)で与えられる。

$$(\Delta f/f) + \Delta n/(n-1) = 0 \quad (1)$$

ここで、 $\Delta n/(n-1) = (n_f - n_c)/(n_d - 1) = v_d$ 、 $\Delta f = \Delta f_{f-c}$ とおくと下記式(2)となる(ただし、 $v_d$ はアッペ数、 $\Delta f_{f-c}$ はC線とF線での焦点距離変化、 $n_f$ 、 $n_c$ 、 $n_d$ は Fraunhofer ラインF線(486.1nm)、C線(656.3nm)およびd線(587.6nm)に対する屈折率)。

$$\Delta f_{f-c} = -f/v_d \quad (2)$$

【0011】対物レンズの色収差は焦点距離 $f$ の変化の絶対値としてあらわれ、上記した式(2)から明らかに、焦点距離 $f$ が大であるほど、あるいは対物レンズを構成する光学材料のアッペ数 $v_d$ が小であるほど大となる。また、対物レンズの焦点深度は $d = \lambda/(NA)^2$ で与えられ、波長が短いほど、あるいはNAが大であるほど焦点深度が小となり、色収差による光学特性の劣化が大となる。

【0012】本発明の色収差補正用光学素子は1群2枚あるいは2群1枚のレンズの構成であり、d線のアッペ数が55以上の凸レンズとd線のアッペ数が35以下の凹レンズを組み合わせるものが望ましい。色収差は屈折力 $K$ の変化 $\Delta K$ として表すこともでき、対物レンズの屈折力を $K_i$ とすると、波長変動時の屈折力の変化 $\Delta K_i$ は下記式(3)で表される。

$$\Delta K_i = K_i \times \Delta n/(n+1) \quad (3)$$

【0013】光源の波長変動による光学材料の屈折率 $n$

の変化 $\Delta n$ が $\Delta n > 0$ とすると、 $K_i$ は収束レンズの屈折力なので正であり、式(3)から $\Delta K_i > 0$ となる。これを打ち消すためには、下記式(4)で表される1群2枚あるいは2群1枚のレンズで構成される色収差補正用光学素子の合成屈折力 $K = K_1 + K_2$ の波長による変化量 $\Delta K$ が $\Delta K < 0$ となればよい。

$$\Delta K = (K_1/v_1) + (K_2/v_2) < 0 \quad (4)$$

(ただし、 $K_1$ 、 $K_2$ は1群2枚あるいは2群1枚のレンズのそれぞれの屈折力、 $v_1$ 、 $v_2$ は1群2枚あるいは2群1枚のレンズのそれぞれのアッペ数)

【0014】ところで、半導体レーザ等の光源から出射される広がり角の狭いビーム、あるいはほぼコリメートの光路に色収差補正用光学素子を配設する場合、色収差補正用光学素子は対物レンズの屈折力 $K_i$ に比べほとんどパワーを持たないので $K = K_1 + K_2 = 0$ と見なせることができ、 $K_2 = -K_1$ となる。したがって、式(4)は下記式(5)のようになる。

$$K_1/v_1 < -K_2/v_2 = K_1/v_2 \quad (5)$$

【0015】ここで $K_1 > 0$ すなわち凸レンズとすると、 $K_2 < 0$ すなわち凹レンズであり、 $v_1 > v_2$ となる。逆に、 $K_1 < 0$ すなわち凹レンズとすると、 $K_2 > 0$ すなわち凸レンズとなり、 $v_1 < v_2$ となる。すなわち、正のパワーを有するレンズにたとえばクラウンガラスを用い、負のパワーを有するレンズにたとえばフリントガラスを用いればよく、且つ波長が440nm以下の光源を扱うときは各光学面で発生する色収差を補正するために非常に大きな色収差を生じさせる必要があるので、 $v_1$ と $v_2$ の値の差を大とすることが望ましい。たとえば、通常色消しダブルットレンズ(アクロマートレンズ)は、分散が小であるクラウンガラスの凸レンズと分散が大であるフリントガラスの凹レンズとを貼り合わせたものが用いられる。これ自体では波長の変動に対して色収差を抑えたレンズであるが、本発明に係る色収差補正用光学素子は主に対物レンズの色収差をも補正するため、それ自体では主に対物レンズと逆極性の色収差を生じさせる必要があり、レンズを構成する光学材料のアッペ数に大きな差が必要となる。そして、アッペ数が55以上のレンズと35以下のレンズとの組み合わせを用いれば、本発明の色収差補正用光学素子で生じる色収差を大とすることができるので、主に対物レンズで発生する色収差の補正を十分に行うことができる。

【0016】請求項3の発明の光学ピックアップ装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0017】請求項4の発明の光学ピックアップ装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0018】請求項6の発明の光再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0019】請求項7の発明の光再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0020】請求項9の発明の光記録再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0021】請求項10の発明の光記録再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、色収差

補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0022】上述した手段による作用について以下に記す。一般的に光源の波長が短くなるほど波長変動により対物レンズで発生する色収差は大となるが、光源と対物レンズとの間に本発明の色収差補正用光学素子を配設すれば、たとえば光源の中心波長が440nm以下で数nm程度の波長幅を有していたとしても、あるいは温度変化により中心波長が数nm程度モードホッピングしたとしても、色収差を十分に補正することが可能となる。また、本発明の色収差補正用光学素子は、光学ピックアップ装置を構成するコリメータレンズの機能、すなわち光源からの出射光を平行な光束に変換する機能を兼ね備えることが可能であり、光学ピックアップ装置を構成する光学部品数を増やすことなく、色収差を十分に補正することが可能となる。したがって、本発明の色収差補正用光学素子を具備する光学ピックアップ装置では、ほぼ440nmあるいは440nm以下の波長の光源を用いても色収差が生じる虞がなく、この光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置は、光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応することが可能となる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】本発明は、CD等に代表されるROM型光ディスク、相変化ディスクや光磁気ディスク等に代表されるRAM型光ディスクあるいは光カード等の光記録媒体を記録再生する光学系において、光源と対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子に適用することができる。また、光記録媒体を再生あるいは記録再生する光学ピックアップ装置、この光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に適用することができる。以下、本発明の実施の形態例について図1～図30を参照して説明する。

【0024】まず、光源の波長が440nm以下であり、対物レンズ2がNA0.55以上、焦点距離1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下の単玉レンズであり、この光源と対物レンズ2との間に本発明の色収差補正用光学素子1を配設した事例について、概略光学系構成図である図1を参照して説明する。また、図1に示した概略光学系構成図における光学系の波長440nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650nmでの設計値を表1および表2に示し、球面収差は図3(a)、非点収差は図3(b)、歪曲収差は図3(c)、画角0.5度での横収差は図4(a)、軸上での横収差は図4(b)に示す。

#### 【0025】

【表1】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射瞳 $\phi$ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 $\lambda$ = 440 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	$\infty$		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 6.58 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	2.0	1.5168 / 64.17	1.526269
S2	R : -9.68034 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.6	1.75520 / 27.58	1.789557
S3	R : 12.0 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	3.0		
S4	R : 1.02246 K : -0.700344 A : 0.521041E-2 B : -1.60629E-2 C : -1.04969E-2 D : -7.13744E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.1	1.438750 / 95.0	1.443854
S5	R : -2.44588 K : 0.0 A : 0.917902E-1 B : -4.39814E-1 C : 0.195359E-1 D : -4.45800E-2 E : 0.0 F : 0.0	0.0		
S6	$\infty$	0.0		
S7	$\infty$	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.811592		
S10	$\infty$	0.6	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		

非球面式

$$X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$$

X:面頂点からの深さ  
Y:光軸からの高さ  
R:近軸R  
K:円錐定数  
A:Y<sup>4</sup>項の非球面係数 B:Y<sup>6</sup>項の非球面係数 C:Y<sup>8</sup>項の非球面係数  
D:Y<sup>10</sup>項の非球面係数 E:Y<sup>12</sup>項の非球面係数 F:Y<sup>14</sup>項の非球面係数

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 $\phi$ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	$\infty$		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 1.01107 K : -0.700344 A : 0.521041E-2 B : -1.60629E-2 C : -1.04969E-2 D : -7.13744E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.040991	1.438750 / 95.0	1.437364
S2	R : -2.4422 K : 0.0 A : 0.917902E-1 B : -4.39814E-1 C : 0.195359E-1 D : -4.45800E-2 E : 0.0 F : 0.0	0.0		
S3	$\infty$	0.0		
S4	$\infty$	0.0		
S5	$\infty$	0.0		
S6	$\infty$	0.0		
S7	$\infty$	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.839873		
S10	$\infty$	0.6	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y <sup>4</sup> 項の非球面係数 B: Y <sup>6</sup> 項の非球面係数 C: Y <sup>8</sup> 項の非球面係数 D: Y <sup>10</sup> 項の非球面係数 E: Y <sup>12</sup> 項の非球面係数 F: Y <sup>14</sup> 項の非球面係数				

【0027】図1に示した概略光学系構成図は物点が無限遠方に位置する、いわゆる無限光学系であり、色収差補正用光学素子1は図示を省略する半導体レーザ等の光源と対物レンズ2との間に配設されている。色収差補正用光学素子1は1群2枚のレンズで構成されており、光源側に位置する凸レンズ1aと対物レンズ2側に位置する凹レンズ1bとを貼り合わせた構成となっている。そして、凸レンズ1aは分散が小であるとともにd線のアッペ数が5.5以上である光学材料で構成され、凹レンズ1bは分散が大であるとともにd線のアッペ数が3.5以下である光学材料で構成されている。このような構成と

40 すれば、凸レンズ1aと凹レンズ1bとの貼り合わせ面での屈折および凹レンズ1bの射出面（対物レンズ2との対向面）での屈折により負の屈折力を有することとなり、光源の波長変動時に大きな色収差を生じる。ここで生じる色収差は、主に対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有しており、焦点を結んだときに色収差がキャンセルされ、光学系全体として色収差が光源の波長変動の範囲内で良好に補正することができる。

【0028】図2は、図1に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図で



ある。光源の波長変動は、たとえば光源が半導体レーザである場合、半導体レーザのドライブ電流に高周波重畳をかけるときに生じる数nm程度の波長幅と温度変化により中心波長が突然数nm程度とぶモードホッピングとがある。とくに、半導体レーザがほぼ440nmあるいは440nm以下の短波長である場合、色収差を補正しない一般のレンズは微小な波長変動に対して屈折率の変化が大となり、許容できない色収差が発生する虞がある。また、焦点深度も小となるので色収差で生じる僅かなデフォーカスも、高密度大容量化の傾向にある光記録媒体3に対して問題となる可能性が大である。図2に示した概略光学系構成図において、たとえば光源の波長が長くなる方向にずれた場合では対物レンズ2の焦点距離が大となるとともに光記録媒体3の情報記録面3aでデフォーカス状態(焦点深度外)となり、情報記録面3aにおける収束スポット径が大となって高品質な情報の記録再生が困難となる。

【0029】図2に示した概略光学系構成図において、波長変動がない場合の点像強度分布を図5に示し、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図6に示す。点像強度分布における強度は、図5に示したように、理想結像状態を100%で規格化したStrehl値で表しており、光学的に回折限界に到達した良好な像の下限とされるマレシャルのクライテリオン(波面収差0.07 $\mu\text{m}$ )はほぼ80%に相当する。しかしながら、図1に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた図2の光学系では、図6に示したように、波長変動が+5nmあるときは点像強度分布の中心が80%より小の77%であり、十分な収束スポットが得られないことが判る。

【0030】また、図7は、波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図7から明らかなように、波長が650nmの場合では中心波長に対して-10nmから+10nm変動しても色収差の補正が必要でないのに対して、波長が440nmの場

合では色収差を補正しないと、 $\pm 5\text{nm}$ 以上の変動でStrehl値が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。そして、図1に示した色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示した図8から明らかなように、点像強度分布の中心が80%より大の99%であり、ほとんどデフォーカスを起こすことなく、十分に回折限界に到達していることが判る。

【0031】図2に示したような単玉の対物レンズ2の色収差は、上記したように波長が短いほど、NAが大であるほど、焦点距離が大であるほど、あるいは対物レンズ2を構成する光学材料のアップベ数が小であるほど悪化する。したがって、図1の概略光学系構成図に示した光学スベックを境界として、波長が440nm以下の光源、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアップベ数が95.0以下の単玉の対物レンズ2では、許容できないほど大である色収差が発生する。すなわち、図1に示した概略光学系構成図のように、色収差補正用光学素子1を用いて色収差を補正する必要があることが判る。

【0032】つぎに、光源の波長が440nm以下であり、対物レンズ2がNA0.70以上、焦点距離1.4mm以上且つd線のアップベ数が95.0以下である2枚のレンズで構成されており、この光源と対物レンズ2との間に本発明の色収差補正用光学素子1を配設した事例について、概略光学系構成図である図9を参照して説明する。また、図9に示した概略光学系構成図における光学系の波長440nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650nmでの設計値を表3および表4に示し、球面収差は図11(a)、非点収差は図11

(b)、歪曲収差は図11(c)、画角0.5度での横収差は図12(a)、軸上での横収差は図12(b)に示す。なお、図9に示したように、対物レンズ2を2枚のレンズで構成する理由は、単玉レンズでNAが0.70より大である対物レンズ2を実現することがレンズの加工上極めて困難であることによる。

【0033】

【表3】

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ (0.7/1.4mm/1.96mm)		波長λ = 440 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd/アッベ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R: 6.58 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	2.0	1.5168 / 64.17	1.526269
S2	R: -9.68066 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	1.6	1.75520 / 27.58	1.789557
S3	R: 12.0 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	3.0		
S4	R: 1.13382 K: -0.40865 A: -.220593E-1 B: -.133861E-1 C: -.629383E-3 D: -.394777E-2 E: 0.0 F: 0.0	1.047744	1.438750 / 95.0	1.443854
S5	R: -8.82788 K: 0.0 A: -.155426E-2 B: -.155166E-2 C: -.109225E-3 D: 0.168193E-2 E: 0.0 F: 0.0	0.2		
S6	R: 0.97559 K: -0.377658 A: 0.473800E-1 B: 0.436903E-1 C: -.641939E-1 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	1.0	1.438750 / 95.0	1.443854
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.124481		
S10	∞	0.1	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y <sup>4</sup> 項の非球面係数 B: Y <sup>6</sup> 項の非球面係数 C: Y <sup>8</sup> 項の非球面係数 D: Y <sup>10</sup> 項の非球面係数 E: Y <sup>12</sup> 項の非球面係数 F: Y <sup>14</sup> 項の非球面係数				

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 $\phi$ (0.7 / 1.4mm / 1.96mm)		波長 $\lambda$ = 650 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	$\infty$		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 1.13456      C : -.629383E-3 K : -.040865      D : -.394777E-2 A : -.220593E-1      E : 0.0 B : -.133861E-1      F : 0.0	1.032861	1.438750 / 95.0	1.437364
S2	R : -.828443      C : -.109225E-3 K : 0.0      D : 0.168193E-2 A : -.155426E-2      E : 0.0 B : -.155166E-2      F : 0.0	0.211487		
S3	R : 0.95320      C : -.641939E-1 K : -.0377658      D : 0.0 A : 0.473800E-1      E : 0.0 B : 0.436903E-1      F : 0.0	0.999484	1.438750 / 95.0	1.437364
S4	$\infty$	0.0		
S5	$\infty$	0.0		
S6	$\infty$	0.0		
S7	$\infty$	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.125342		
S10	$\infty$	0.1	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1 + K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: $Y^4$ 項の非球面係数    B: $Y^6$ 項の非球面係数    C: $Y^8$ 項の非球面係数 D: $Y^{10}$ 項の非球面係数    E: $Y^{12}$ 項の非球面係数    F: $Y^{14}$ 項の非球面係数				

【0035】図9に示した概略光学系構成図は物点が無限遠方に位置する、いわゆる無限光学系であり、色収差補正用光学素子1は図示を省略する半導体レーザ等の光源と対物レンズ2との間に配設されている。色収差補正用光学素子1は1群2枚のレンズで構成されており、光源側に位置する凸レンズ1aと対物レンズ2側に位置する凹レンズ1bとを貼り合わせた構成となっている。そして、凸レンズ1aは分散が小であるとともにd線のアッペ数が5.5以上である光学材料で構成され、凹レンズ1bは分散が大であるとともにd線のアッペ数が3.5以下である光学材料で構成されている。このような構成と

すれば、凸レンズ1aと凹レンズ1bとの貼り合わせ面での屈折および凹レンズ1bの出射面（対物レンズ2との対向面）での屈折により負の屈折力を有することとなり、光源の波長変動時に大きな色収差が生じる。ここで生じる色収差は、主に対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有しており、焦点を結んだときに色収差がキャンセルされ、光学系全体として色収差が光源の波長変動の範囲内で良好に補正することができる。

【0036】図10は、図9に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図

である。また、図 10 に示した概略光学系構成図において、波長変動がないときの点像強度分布を図 13 に示し、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を図 14 に示す。図 14 から明らかなように、波長変動が +5 nm あるときは点像強度分布の中心が 80 % より小の 76 % であり、色収差を補正する必要があることが判る。また、図 16 は、波長 650 nm で色収差補正なしの場合、波長 440 nm で色収差補正なしの場合および波長 440 nm で色収差補正ありの場合について、中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動させた場合の Strehl 値の変動を示すグラフである。図 16 から明らかなように、波長が 650 nm の場合では中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動しても色収差の補正が必要でないのに対して、波長が 440 nm の場合では色収差を補正しないと、±5 nm 以上の変動で中心が 80 % 以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0037】そして、図 9 に示した光源と対物レンズ 2 との間に本発明の色収差補正用光学素子 1 を配設した概略光学系構成図では、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示した図 15 から明らかなように、点像強度分布の中心が 80 % より大の 99 % であり、ほとんどデフォーカスを起こすことなく、十分に回折限界に到達していることが判る。

【0038】図 10 に示したように、2 枚のレンズで構成された対物レンズ 2 の色収差は、波長が短いほど、N

A が大であるほど、焦点距離が大であるほど、あるいは対物レンズ 2 を構成する光学材料のアッベ数が小であるほど悪化する。したがって、図 9 の概略光学系構成図に示した光学スペックを境界として、波長が 440 nm 以下の光源、NA が 0.70 以上、焦点距離が 1.4 mm 以上且つ d 線のアッベ数が 95.0 以下の 2 枚のレンズで構成された対物レンズ 2 では、許容できないほど大である色収差が発生する。すなわち、図 9 に示した概略光学系構成図のように、色収差補正用光学素子 1 を用いて色収差を補正する必要があることが判る。

【0039】なお、図 9 に示した概略光学系構成図では、色収差補正用光学素子 1 を 2 枚のレンズを貼り合わせた 1 群 2 枚レンズの構成である事例を示したが、たとえば図 17 の概略光学系構成図に示したように、1 枚以上のレンズで構成し、且つレンズを貼り合わせずに間隔をあけて配設する構成のものでも良い。図 17 に示した概略光学系構成図における光学系の波長 410 nm および色収差補正用光学素子 1 を用いない 650 nm での設計値を表 5 および表 6 に示し、球面収差は図 18

(a)、非点収差は図 18 (b)、歪曲収差は図 18 (c)、画角 0.5 度での横収差は図 19 (a)、軸上での横収差は図 19 (b) に示す。

【0040】

【表 5】

22

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径  $\phi$  (0.85 / 1.763mm / 3.0mm)

波長  $\lambda$  = 410 nm

面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	410nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	$\infty$		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 7.4 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.2	1.5168 / 64.17	1.529569
S2	R : -12.40435 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0	1.75520 / 27.58	1.803040
S3	R : $\infty$ K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0		
S4	R : $\infty$ K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0	1.75520 / 27.58	1.803040
S5	R : 13.24032 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	3.0		
S6	R : 1.6273 K : -0.50566 A : -207368E-2 B : -999092E-3 C : 0.749875E-4 D : -204775E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.564561	1.4955 / 81.6	1.504869
S7	R : 89.45684 K : 0.0 A : -291281E-2 B : 0.459860E-2 C : -332978E-2 D : 0.921202E-3 E : 0.0 F : 0.0	0.34768		
S8	R : 1.30215 K : -0.503781 A : 0.193338E-1 B : 0.120697E-1 C : 0.206089E-3 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.282655	1.58913 / 61.3	1.604471
S9	$\infty$	0.134216		
S10	$\infty$	0.1	1.5168 / 64.17	1.529569
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		

非球面式

$$X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$$

X: 面頂点からの深さ

Y: 光軸からの高さ

R: 近軸R

K: 円錐定数

A:  $Y^4$  項の非球面係数 B:  $Y^6$  項の非球面係数 C:  $Y^8$  項の非球面係数

D:  $Y^{10}$  項の非球面係数 E:  $Y^{12}$  項の非球面係数 F:  $Y^{14}$  項の非球面係数

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 $\phi$ (0.85 / 1.765mm / 3.0mm)		波長 $\lambda$ = 650 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	$\infty$		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 1.61696 K : -0.50566 A : -2.07368E-2 B : -9.99092E-3 C : 0.749875E-4 D : -2.04775E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.652546	1.4955 / 81.6	1.493730
S2	R : -2112.22413 K : 0.0 A : -2.91281E-2 B : 0.459860E-2 C : -3.32978E-2 D : 0.921202E-3 E : 0.0 F : 0.0	0.317255		
S3	R : 1.26974 K : -0.503781 A : 0.193338E-1 B : 0.120697E-1 C : 0.206089E-3 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.260777	1.58913 / 61.3	1.586426
S4	$\infty$	0.0		
S5	$\infty$	0.0		
S6	$\infty$	0.0		
S7	$\infty$	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.136937		
S10	$\infty$	0.1	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: $Y^4$ 項の非球面係数 B: $Y^6$ 項の非球面係数 C: $Y^8$ 項の非球面係数 D: $Y^{10}$ 項の非球面係数 E: $Y^{12}$ 項の非球面係数 F: $Y^{14}$ 項の非球面係数				

【0042】図17に示した本発明の色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図20に示す。また、図17に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた光学系において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図21に示す。図20からも明らかなように、この光学系では440nm以下の短波長の光源を用いているにも関わらず、+5nmの波長変動が生じて色収差の発生が抑制され、良好な光学特性を有している。すなわち、色収差補正用光学素子1にアッペ数の差が大となるように55以上と35以下の光

学材料を用いることにより、対物レンズ2で生じる色収差を良好に補正していることが判る。これに対して、図17に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた光学系では、図21から明らかなように、情報記録面3aで点像強度分布の中心が80%より小の6%であり、十分な収束スポットが得られないことが判る。

【0043】また、図22は、波長650nmで色収差補正なしの場合、波長410nmで色収差補正なしの場合および波長410nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動さ

せた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図 2 2 から明らかなように、波長が 650 nm の場合では色収差の補正が必要でないのに対して、波長が 410 nm の場合では色収差を補正しないと、±5 nm 以上の変動で Strehl 値が 80 % 以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0044】上記した色収差補正用光学素子 1 は、光源からの出射光を平行光に変換するコリメータレンズとしての機能を兼用させることも可能であり、この場合には光学部品数を増加させることなく色収差を補正する光学ピックアップ装置を構成することができる。ところで、色収差補正用光学素子 1 を配設する位置は平行光束中に限定されるものではなく、発散光中や収束光中であって

もよい。この場合、たとえば図 2 3 の概略光学系構成図に示したように、発散光中に 1 枚以上のレンズで構成され、コリメータレンズ機能をも兼ねた色収差補正用光学素子 1 を配設しても同様の効果を得ることができる。図 2 3 に示した概略光学系構成図における光学系の波長 440 nm および色収差補正用光学素子 1 を用いない 650 nm での設計値を表 7 および表 8 に示し、球面収差は図 2 4 (a)、非点収差は図 2 4 (b)、歪曲収差は図 2 4 (c)、画角 0.5 度での横収差は図 2 5 (a)、軸上での横収差は図 2 5 (b) に示す。

【0045】

【表 7】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射瞳 $\phi$ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)			波長 $\lambda = 440 \text{ nm}$	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	20.0		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : -5.23663 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0	1.78472 / 25.71	1.823295
S2	R : -9.47002 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	0.1		
S3	R : 20.358 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.8	1.62004 / 36.26	1.641035
S4	R : 4.921 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	2.5	1.5168 / 64.17	1.526269
S5	R : -7.021 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	3.0		
S6	R : 1.02246 K : -0.700344 A : 0.521041E-2 B : -1.60629E-2 C : -1.04969E-2 D : -7.13744E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.1	1.438750 / 95.0	1.443854
S7	R : -2.44588 K : 0.0 A : 0.917902E-1 B : -4.39814E-1 C : 0.195359E-1 D : -4.45800E-2 E : 0.0 F : 0.0	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.811592		
S10	$\infty$	0.6	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0 -		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: $Y^4$ 項の非球面係数 B: $Y^6$ 項の非球面係数 C: $Y^8$ 項の非球面係数 D: $Y^{10}$ 項の非球面係数 E: $Y^{12}$ 項の非球面係数 F: $Y^{14}$ 項の非球面係数				



対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 $\phi$ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	$\infty$	10.245243		
STO	$\infty$	0.0		
S1	R : 21.47517      C : 0.0 K : 0.0            D : 0.0 A : 0.0            E : 0.0 B : 0.0            F : 0.0	1.8	1.62004 / 36.26	1.615422
S2	R : 4.60808        C : 0.0 K : 0.0            D : 0.0 A : 0.0            E : 0.0 B : 0.0            F : 0.0	2.5	1.5168 / 64.17	1.514523
S3	R : -6.83732       C : 0.0 K : 0.0            D : 0.0 A : 0.0            E : 0.0 B : 0.0            F : 0.0	3.0		
S4	R : 1.00962        C : -.104969E-2 K : -0.700344       D : -.713744E-3 A : 0.521041E-2     E : 0.0 B : -.160629E-2     F : 0.0	1.040433	1.438750 / 95.0	1.437364
S5	R : -2.44588       C : 0.195359E-1 K : 0.0            D : -.445800E-2 A : 0.917902E-1     E : 0.0 B : -.439814E-1     F : 0.0	0.0		
S6	$\infty$	0.0		
S7	$\infty$	0.0		
S8	$\infty$	0.0		
S9	$\infty$	0.838185		
S10	$\infty$	0.6	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	$\infty$	0.0		
IMG	$\infty$	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X:面頂点からの深さ Y:光軸からの高さ R:近軸R K:円錐定数 A:Y <sup>4</sup> 項の非球面係数    B:Y <sup>6</sup> 項の非球面係数    C:Y <sup>8</sup> 項の非球面係数 D:Y <sup>10</sup> 項の非球面係数    E:Y <sup>12</sup> 項の非球面係数    F:Y <sup>14</sup> 項の非球面係数				

【0047】図23に示した色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図26に示す。図23に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図27に示す。図26からも明らかなように、この光学系では440nm以下の短波長の光源を用いているにも関わらず、+5nmの波長変動が生じて点像強度分布の中心が80%より大の89%であり、色収差の発生が抑制されて良好な光学特性を有している。すなわち、色収差補正用光学素子1にアッペ

数の差が大となるように55以上と35以下の光学材料を用いることにより、対物レンズ2で生じる色収差を良好に補正していることが判る。これに対して、図27から明らかなように、対物レンズ2で色収差が発生してデフォーカスにより情報記録面3aでの点像強度分布の中心が80%を割る79%であり、十分な収束スポットを得るには不十分であることが判る。

【0048】また、図28は、波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動さ

せた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図28から明らかなように、波長が650nmの場合では色収差の補正が必要でないのに対して、波長が440nmの場合では色収差を補正しないと、±5nm以上の変動でStrehl値が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0049】以下、図1、9、17、23に示した本発明の色収差補正用光学素子1を具備する光学ピックアップ装置について、図29を参照して説明する。なお、図29では、代表して図9の概略光学系構成図に示した色収差補正用光学素子1と対物レンズ2とを用いた事例を示しているが、図1、17、23の概略光学系構成図に示した色収差補正用光学素子1と対物レンズ2とを用いてもよいことは言うまでもない。

【0050】光学ピックアップ装置を構成する光源（図示せず）、たとえば半導体レーザからは波長が440nmの直線偏光ビームが射出され、たとえば回折格子（図示せず）により回折され0次光および±1次光に分割され、これらはコリメータレンズ（図示せず）により平行光に変換される。平行光に変換された直線偏光ビームは偏光ビームスプリッタ4を透過し、1/4波長板5において直線偏光ビームが円偏光ビームに変換され、色収差補正用光学素子1を透過する。このとき、半導体レーザから射出された波長440nmの直線偏光ビームに波長変動が生じていた場合、色収差補正用光学素子1において、対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有する色収差が生じ、情報記録面3aに照射される収束スポットの色収差をキャンセルすることとなる。色収差補正用光学素子1を透過した円偏光ビームは、対物レンズ2を介して光記録媒体3の信号記録面3aに収束される。

【0051】光記録媒体3の情報記録面3aで反射された円偏光ビームは対物レンズ2、色収差補正用光学素子1を透過し、1/4波長板5において往きの直線偏光ビームとは偏光方向が90度回転した直線偏光ビームに変換される。この往きの直線偏光ビームと偏光方向が90度回転した直線偏光ビームは偏光ビームスプリッタ4で反射され、フォーカシングレンズ6、マルチレンズ7を透過して光検出器8に集光される。この光検出器8は複数に分割された受光素子を有しており、複数に分割された受光素子に照射される0次光および±1次光の光量に基づく演算処理が行われ、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号およびRF信号等が検出される。対物レンズ2は、たとえば対物レンズ2をフォーカシング方向とトラッキング方向とに制御駆動する二軸アクチュエータに具備されており、上記したフォーカシングエラー信号およびトラッキングエラー信号に基づく制御信号により、フォーカシングサーボおよびトラッキングサーボのフィードバックサーボが行われる。

【0052】上記した色収差補正用光学素子1を具備し

た光学ピックアップ装置は、波長がほぼ440nmあるいは440nm以下である短波長の光源を用いて高周波重量を行っても色収差を十分補正し、またモードホッピングが生じて色収差を十分補正するので、光記録媒体3のさらなる高記録密度大容量化に対応することができる。

【0053】以下、上記した光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置について、代表して光記録再生装置の概略構成図である図30を参照して説明する。

【0054】光記録再生装置はスピンドルモータ10、送りモータ12および光学ピックアップ装置9等により概略構成されており、これらは光記録再生装置全体を制御するシステムコントローラ14により制御される。そして、光学ピックアップ装置のトラッキング方向への移動は、ガイド機構（図示せず）とリニアモータ等で構成された送りモータ12とで構成される制御駆動手段により行われる。たとえば、スピンドルモータ10にチャッキングされた光記録媒体3を再生する場合、システムコントローラ14からのコントロール信号がサーボ制御回路13と変復調回路11に供給される。コントロール信号が供給されたサーボ制御回路13では、スピンドルモータ10をフォーカシング引き込み状態に設定された回転数で回転させるとともに送りモータ12を駆動し、光学ピックアップ装置9を、たとえば光記録媒体3の内周側に移動させる。光記録媒体3の内周側に移動した光学ピックアップ装置9では、フォーカスサーチ動作によりフォーカシングサーボをかけ、後にトラッキングサーボをかけることが行われる。

【0055】光学ピックアップ装置9を構成する光検出器により検出されたフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号および光記録媒体3の何処を読み出しているかの位置情報等は変復調回路11に供給される。このうちのフォーカシングエラー信号およびトラッキングエラー信号はフィルタリングされ、フォーカシング制御信号およびトラッキング制御信号としてシステムコントローラ14を介してサーボ制御回路13に供給される。サーボ制御回路13はフォーカシング制御信号によって光学ピックアップ装置9を構成する、たとえば二軸アクチュエータのフォーカシングコイルを駆動し、トラッキング制御信号によって光学ピックアップ装置9を構成する二軸アクチュエータのトラッキングコイルを駆動する。トラッキング制御信号の低域成分はシステムコントローラ14を介してサーボ制御回路13に供給され、送りモータ12を駆動する。これらによって、フォーカシングサーボ、トラッキングサーボおよび送りサーボのフィードバックサーボが行われる。また、光記録媒体3の何処を読み出しているかの位置情報は変復調回路11により処理され、スピンドル制御信号としてスピンドルモータ10に供給され、スピンドルモータ10にチャッ

キングされた光記録媒体 3 の再生位置に応じた所定の回転数に制御駆動され、ここから実際の再生が開始される。そして、変復調回路 11 により処理されて復調された再生データは外部回路 15 を介して外部に伝送される。

【0056】スピンドルモータ 10 にチャッキングされている光記録媒体 3 に、たとえば外部から供給される外部データを記録する場合、フォーカシングサーボ、トラッキングサーボおよび送りサーボのフィードバックサーボをかけるまでは再生と同様の過程を経る。システムコントローラ 14 からは外部回路 15 を介して入力される入力データを光記録媒体 3 の何処に記録するかのコントロール信号がサーボ制御回路 13 および変復調回路 11 に供給される。サーボ制御回路 13 では、スピンドルモータ 10 を所定の回転数に制御するとともに、送りモータ 12 を駆動して光学ピックアップ装置 9 を情報記録位置に移動させる。また、外部回路 15 を介して変復調回路 11 に入力された入力信号は、変復調回路 11 において記録フォーマットに基づく変調が行われ、光学ピックアップ装置 9 に供給される。光学ピックアップ装置 9 では変調信号に基づく出射光の変調および情報記録位置に基づく出射光パワーが制御されて光記録媒体 3 に照射され、光記録媒体 3 への記録が開始される。なお、光記録媒体 3 が回転数一定で記録再生される、いわゆる CAV (Constant Angular Velocity) ディスクである場合は、光記録媒体 3 の何処を読み出しているかの位置情報等は不要であり、スピンドルモータ 10 は一定の回転数となるように制御される。

【0057】再生専用の光再生装置および記録と再生の両方可な光記録再生装置に具備される光学ピックアップ装置 9 に本発明の色収差補正用光学素子 1 が構成されていれば、光源のモードホッピングや光源である半導体レーザの高周波重畳により生じる色収差、とくに光源に短波長であるほぼ 440 nm あるいは 440 nm 以下のものを使用したときに生じる色収差に対して有効に補正することができ、光記録媒体 3 のさらなる高密度大容量化に対応することができる。

【0058】

【発明の効果】本発明の色収差補正用光学素子によれば、440 nm 以下の短波長光源を用いた場合に主に対物レンズで発生する色収差を十分補正することができる。そして、この色収差補正用光学素子と短波長の光源とで光学系を構成した光学ピックアップ装置およびこの光学ピックアップ装置を具備した光再生装置ならびに光記録再生装置は色収差が十分に補正することができるので、光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図 2】 図 1 の概略光学系構成図から色収差補正用光学素子を除いた概略光学系構成図である。

【図 3】 図 1 に示した概略光学系構成図において、(a) は球面収差、(b) は非点収差、(c) は歪曲収差を示す。

【図 4】 図 1 に示した概略光学系構成図において、(a) は画角 0.5 度での横収差、(b) は軸上での横収差を示す。

【図 5】 図 2 に示した概略光学系構成図において、波長変動がない場合の点像強度分布を示す図である。

【図 6】 図 2 に示した概略光学系構成図において、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 7】 波長 650 nm で色収差補正なしの場合、波長 440 nm で色収差補正なしの場合および波長 440 nm で色収差補正ありの場合について、中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動させた場合の Strehl 値の変動を示すグラフである。

【図 8】 図 1 に示した概略光学系構成図において、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 9】 本発明の他の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図 10】 図 9 の概略光学系構成図から色収差補正用光学素子を除いた概略光学系構成図である。

【図 11】 図 9 に示した概略光学系構成図において、(a) は球面収差、(b) は非点収差、(c) は歪曲収差を示す。

【図 12】 図 9 に示した概略光学系構成図において、(a) は画角 0.5 度での横収差、(b) は軸上での横収差を示す図である。

【図 13】 図 10 に示した概略光学系構成図において、波長変動がないときの点像強度分布を示す図である。

【図 14】 図 10 に示した概略光学系構成図において、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 15】 図 9 に示した概略光学系構成図において、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 16】 波長 650 nm で色収差補正なしの場合、波長 440 nm で色収差補正なしの場合および波長 440 nm で色収差補正ありの場合について、中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動させた場合の Strehl 値の変動を示すグラフである。

【図 17】 本発明のさらに他の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図 18】 図 17 に示した概略光学系構成図において、(a) は球面収差、(b) は非点収差、(c) は歪曲収差を示す。

【図 19】 図 17 に示した概略光学系構成図において、(a) は画角 0.5 度での横収差、(b) は軸上での横収差を示す図である。

【図 20】 図 17 に示した概略光学系構成図において、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 21】 図 17 に示した概略光学系構成図において、色収差補正用光学素子を配設せず、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 22】 波長 650 nm で色収差補正なしの場合、波長 410 nm で色収差補正なしの場合および波長 410 nm で色収差補正ありの場合について、中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動させた場合の Strehl 値の変動を示すグラフである。

【図 23】 本発明の色収差補正用光学素子を発散光中に配設した概略光学系構成図である。

【図 24】 図 23 に示した概略光学系構成図において、(a) は球面収差、(b) は非点収差、(c) は歪曲収差を示す。

【図 25】 図 23 に示した概略光学系構成図において、(a) は画角 0.5 度での横収差、(b) は軸上での横収差を示す図である。

【図 26】 図 23 に示した概略光学系構成図におい

て、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布を示す図である。

【図 27】 図 23 に示した概略光学系構成図において、色収差補正用光学素子を配設せず、波長変動が +5 nm あるときの点像強度分布図を示す図である。

【図 28】 波長 650 nm で色収差補正なしの場合、波長 440 nm で色収差補正なしの場合および波長 440 nm で色収差補正ありの場合について、中心波長に対して -10 nm から +10 nm 変動させた場合の Strehl 値の変動を示すグラフである。

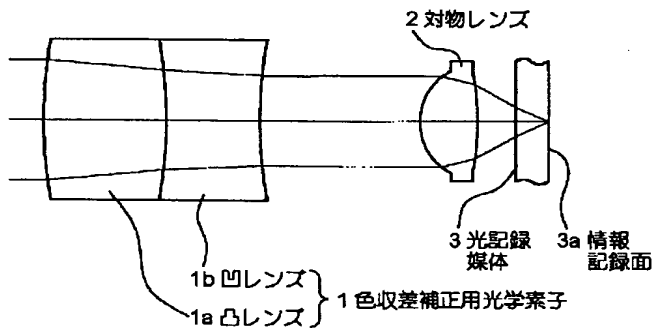
【図 29】 本発明の光学ピックアップ装置の概略構成図である。

【図 30】 本発明の光記録再生装置の概略構成図である。

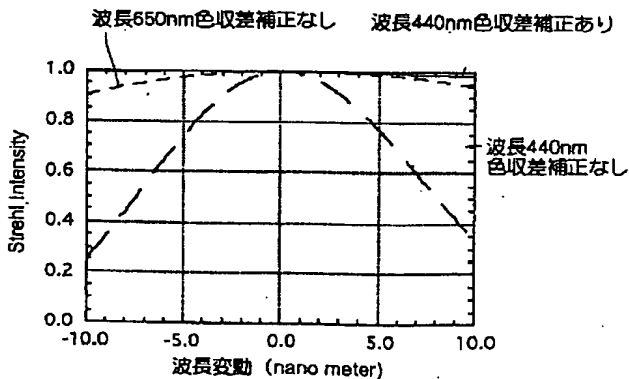
【符号の説明】

1…色収差補正用光学素子、1a…凸レンズ、1b…凹レンズ、2…対物レンズ、3…光記録媒体、3a…情報記録面、4…偏光ビームスプリッタ、5…1/4波長板、6…フォーカシングレンズ、7…マルチレンズ、8…光検出器、9…光学ピックアップ装置、10…スピンドルモータ、11…変復調回路、12…送りモータ、13…サーボ制御回路、14…システムコントローラ、15…外部回路

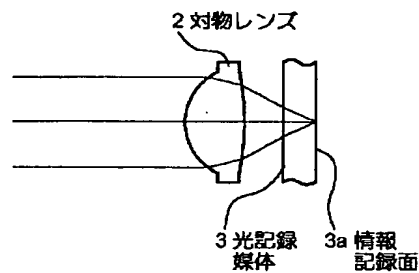
【図 1】



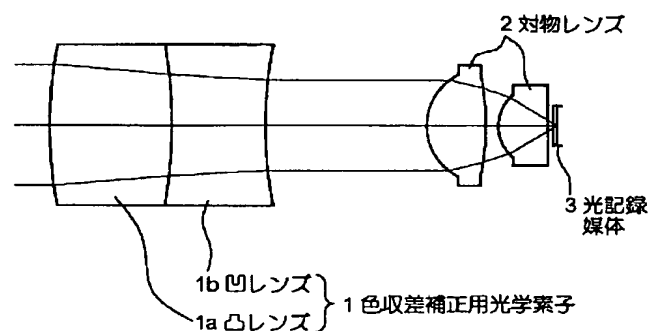
【図 7】



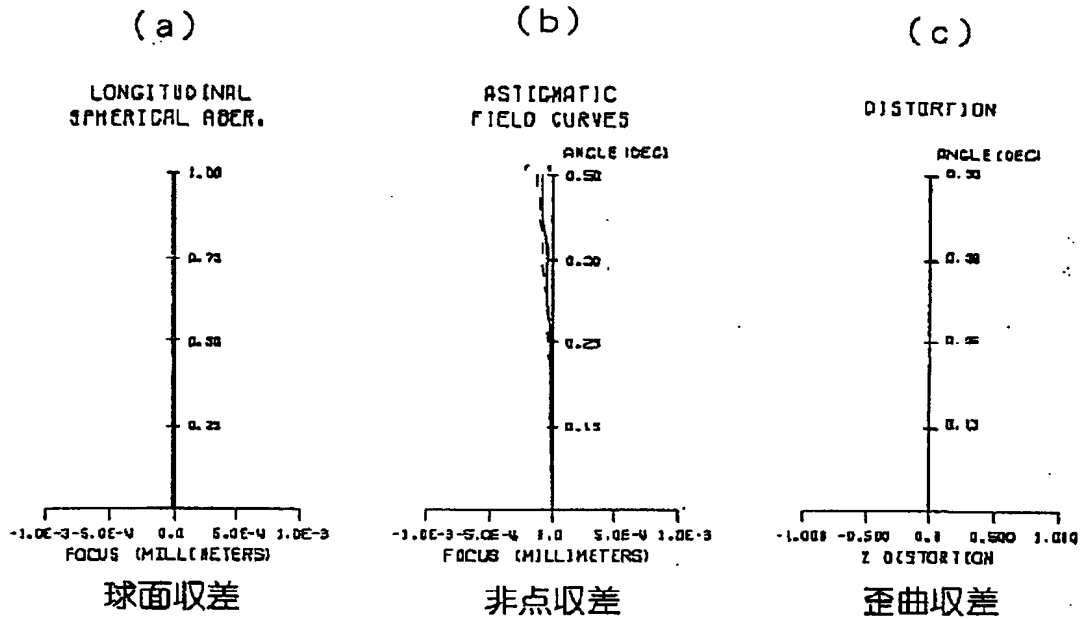
【図 2】



【図 9】

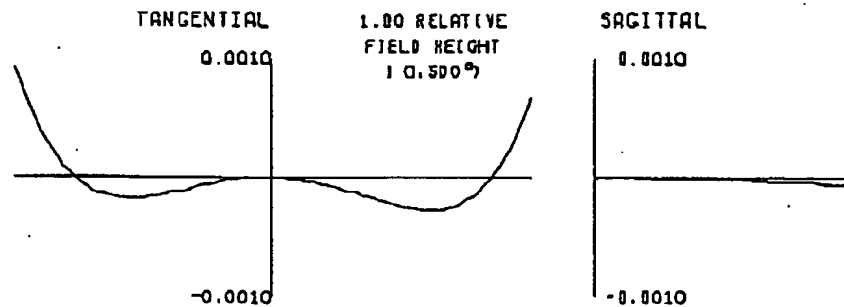


【図3】

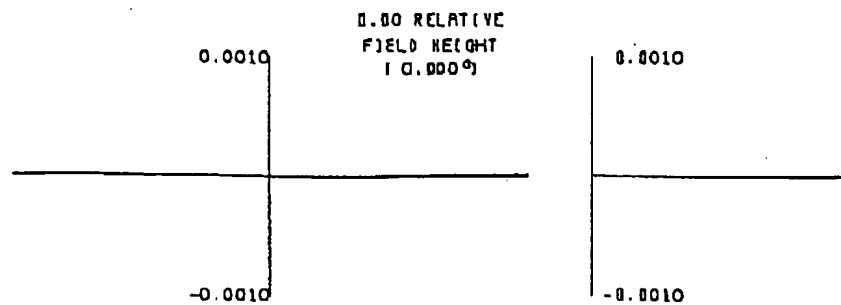


【図4】

(a) 画角0.5度での横収差

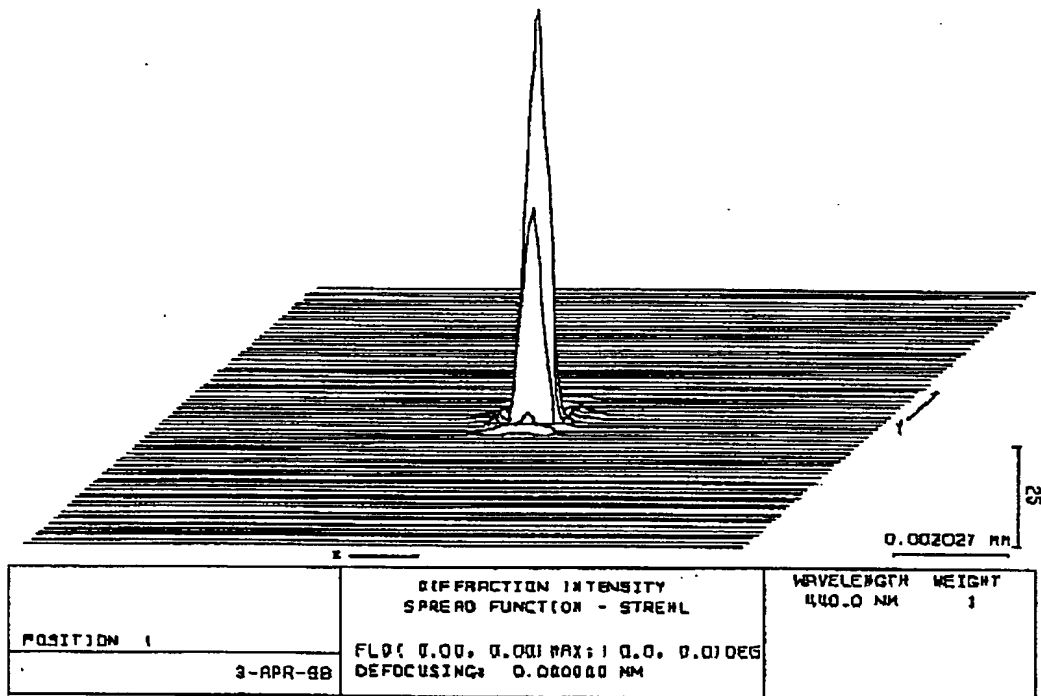


(b) 軸上での横収差



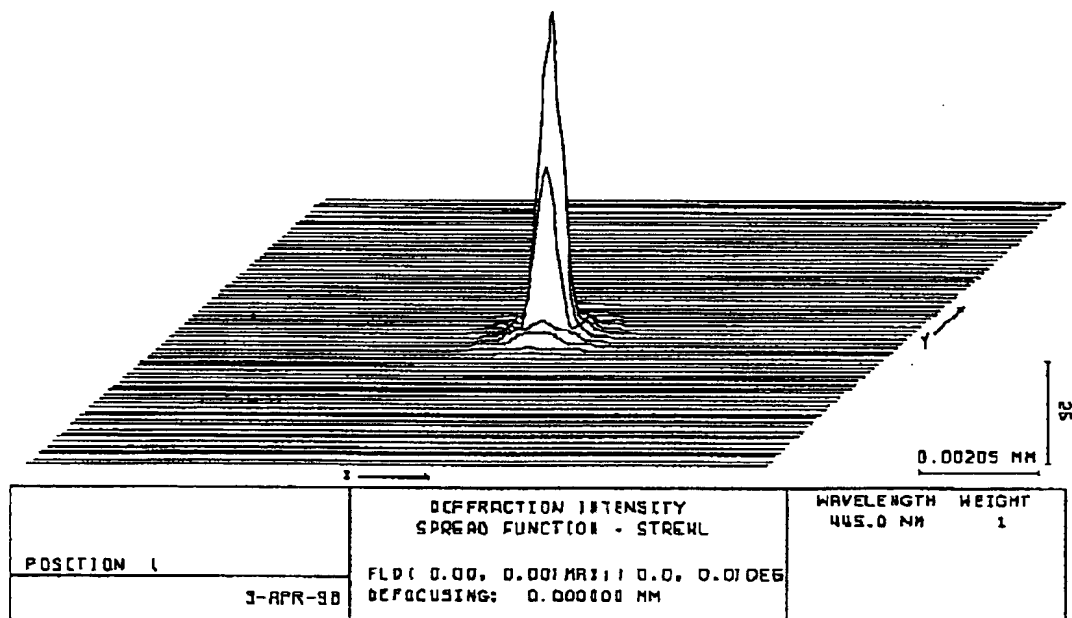
【図 5】

100%

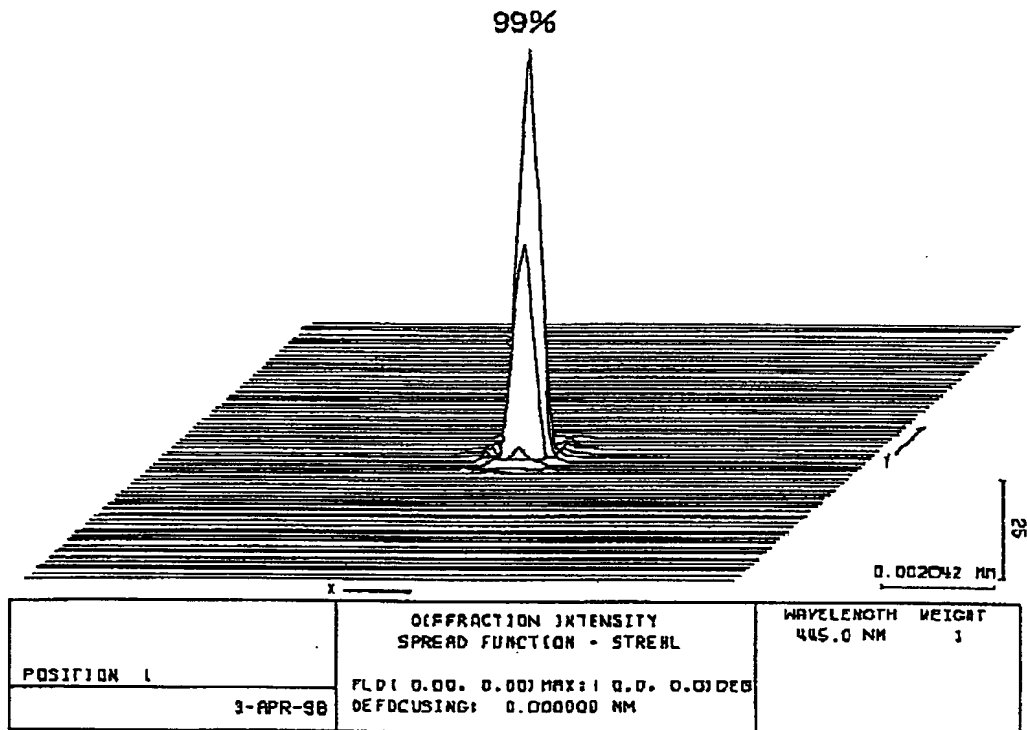


【図 6】

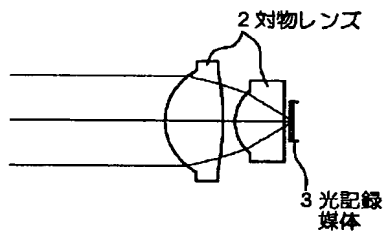
77%



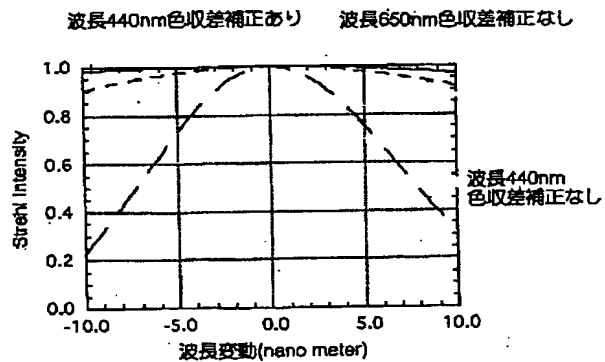
【図8】



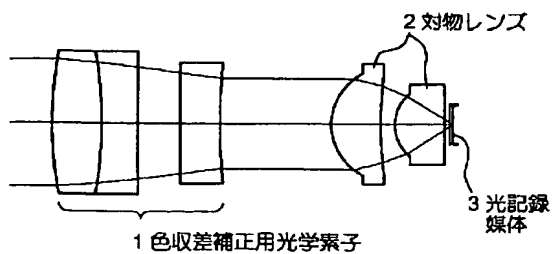
【図10】



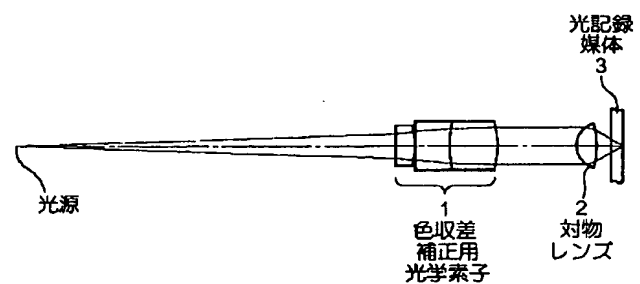
【図16】



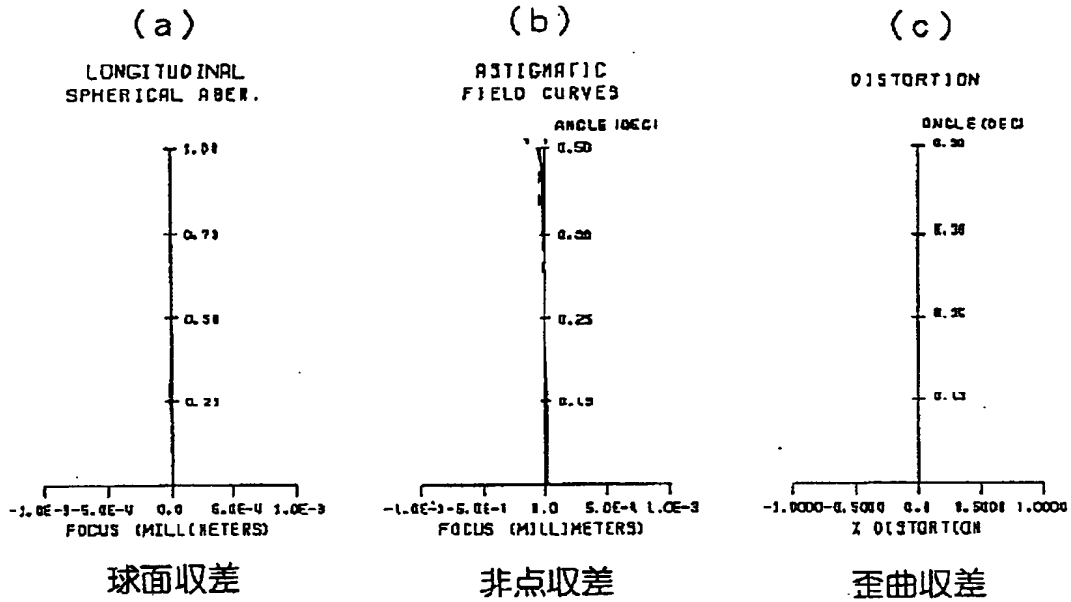
【図17】



【図23】

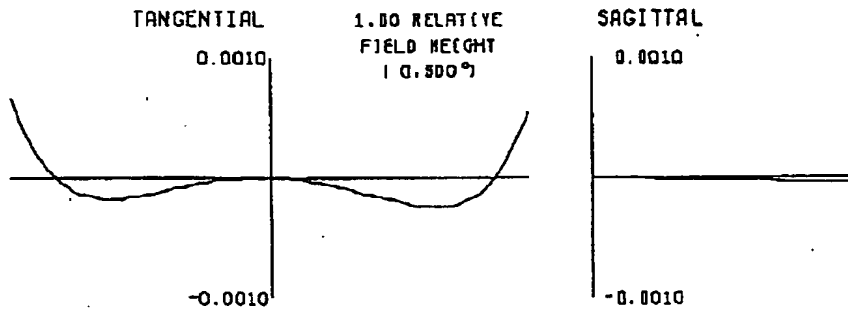


【図11】

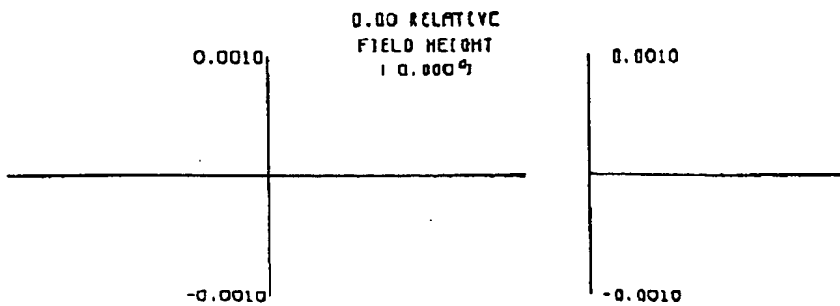


【図12】

(a) 画角0.5度での横収差

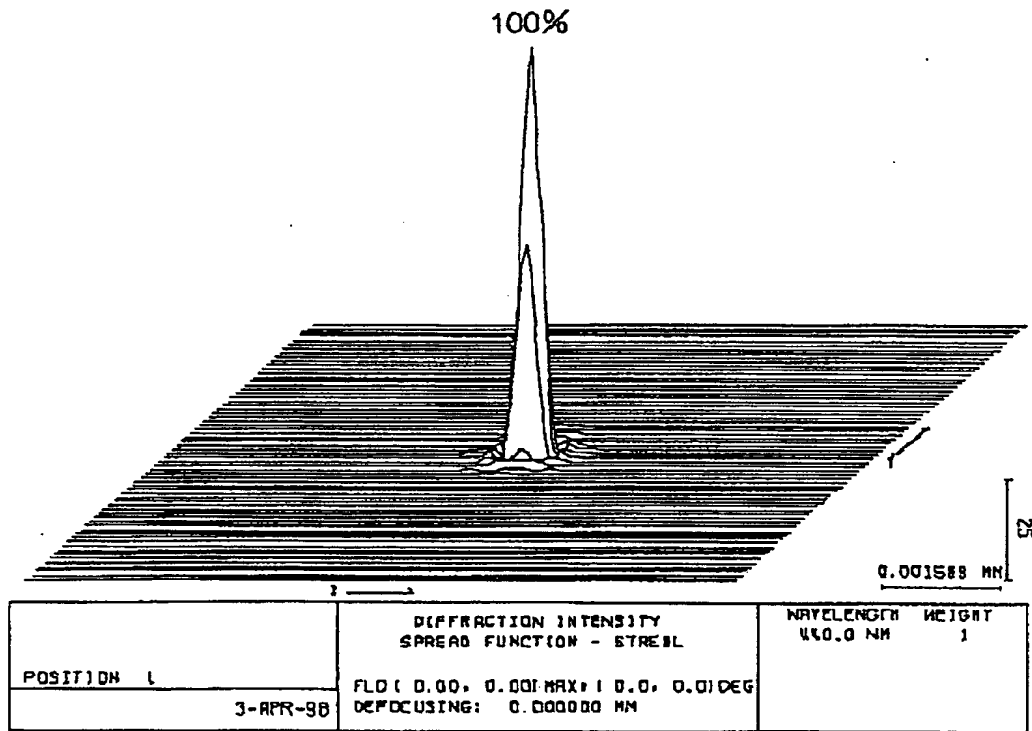


(b) 軸上での横収差

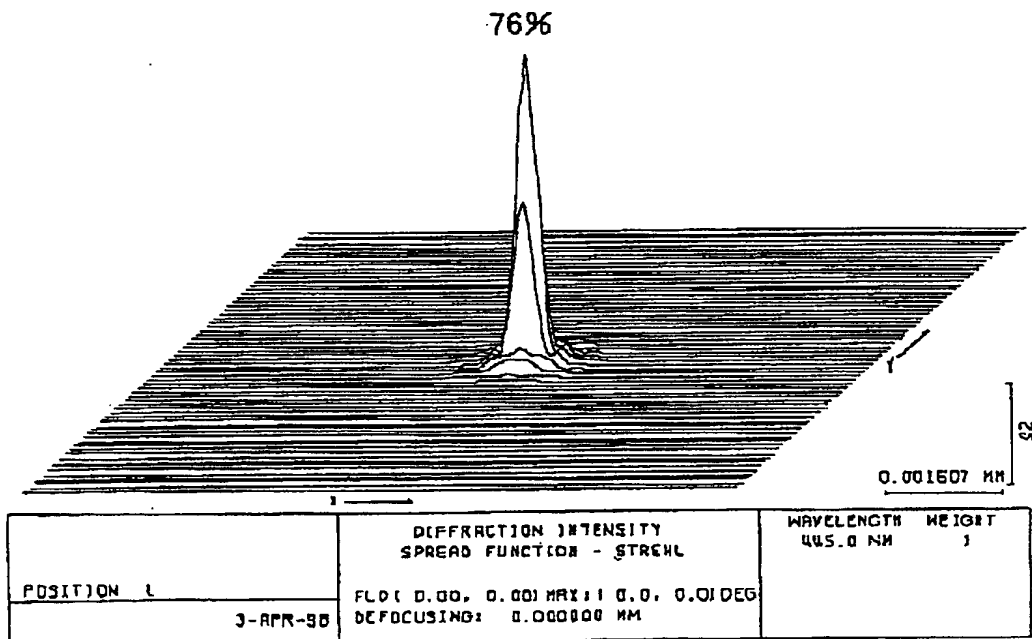




【図 13】

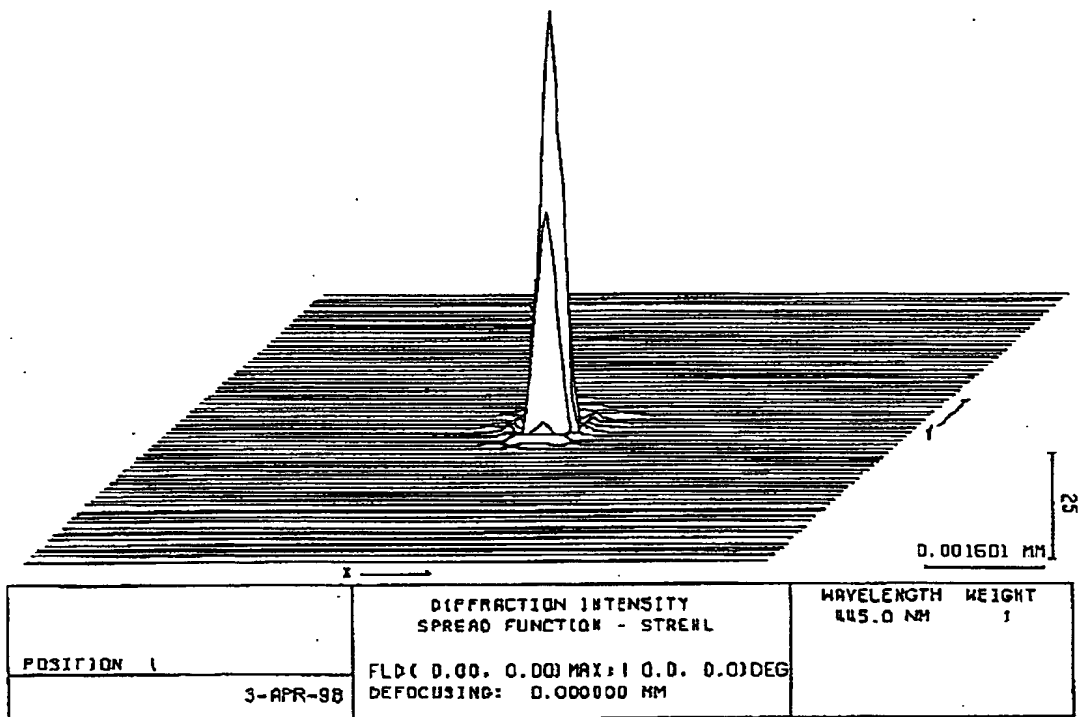


【図 14】

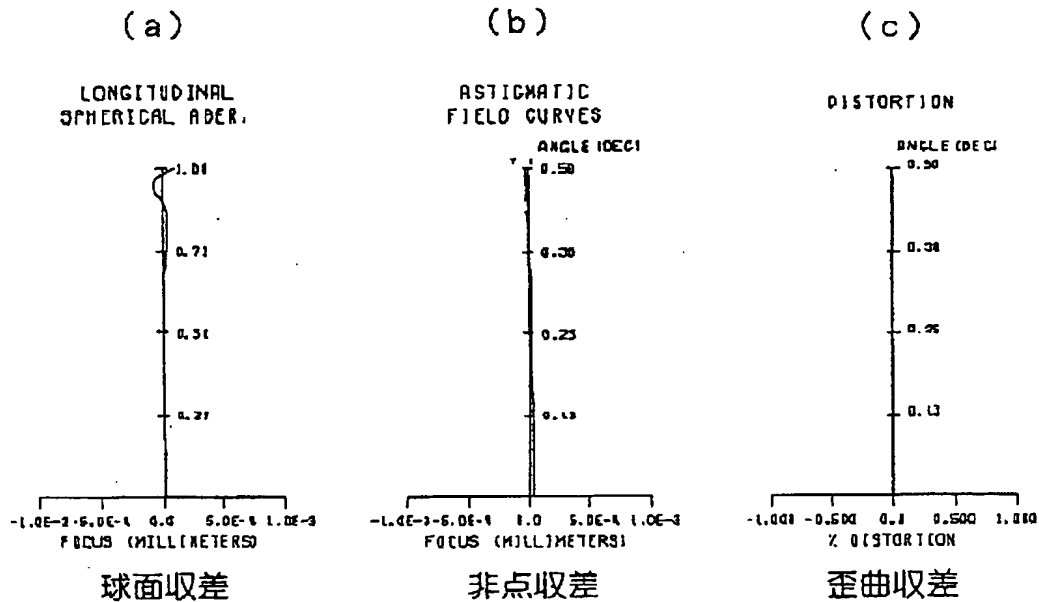


【図 15】

99%

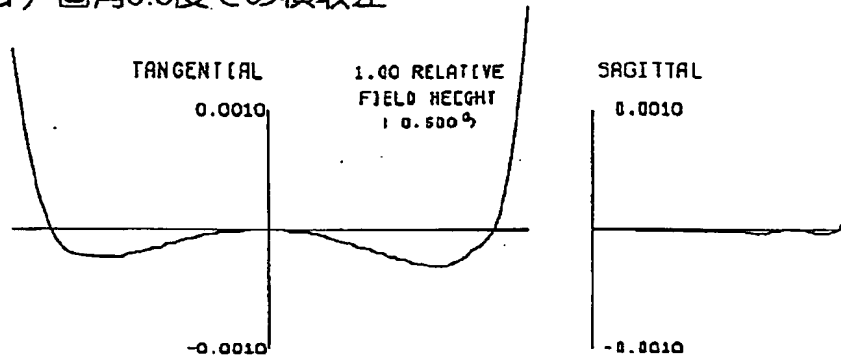


【図 18】

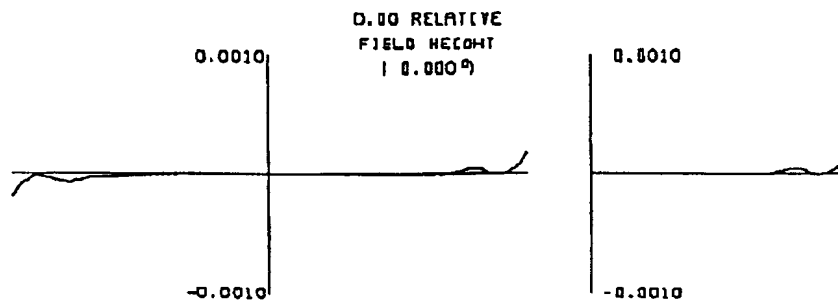


【図 19】

(a) 画角0.5度での横収差

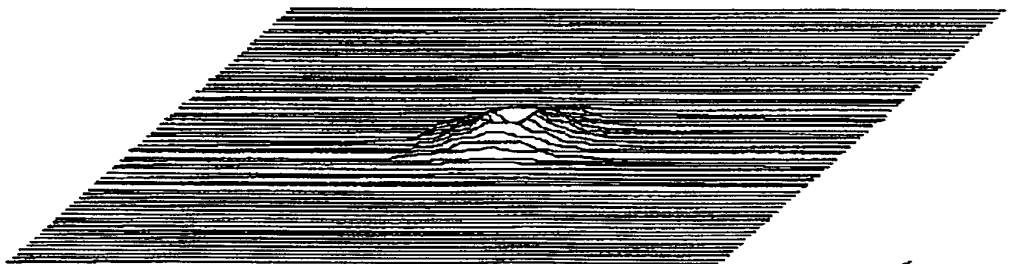


(b) 軸上での横収差



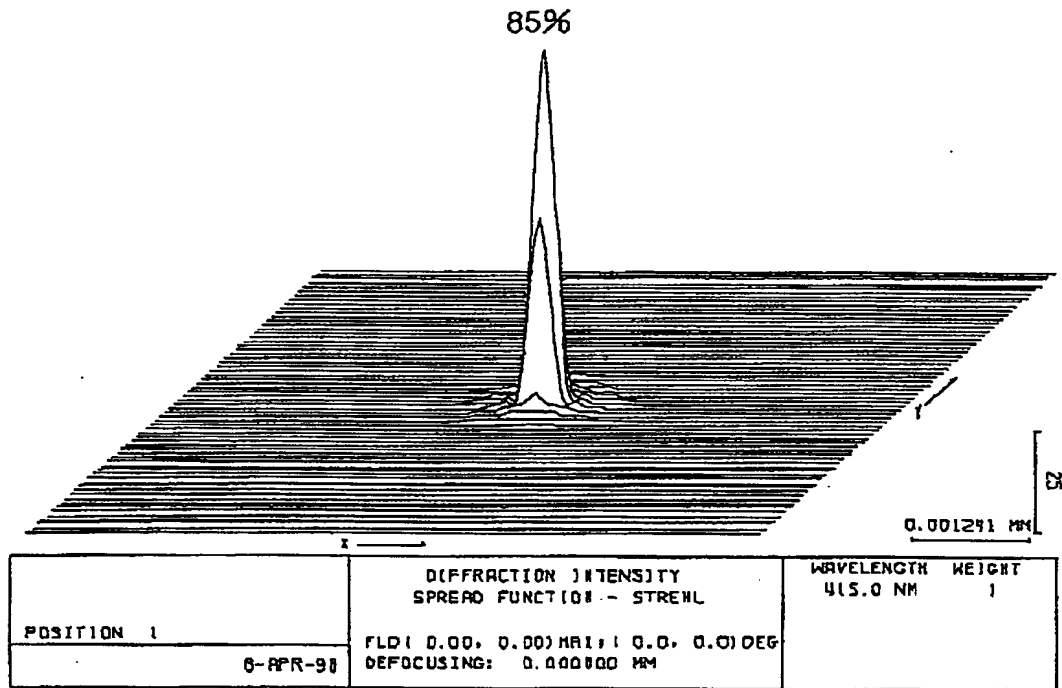
【図 21】

6%

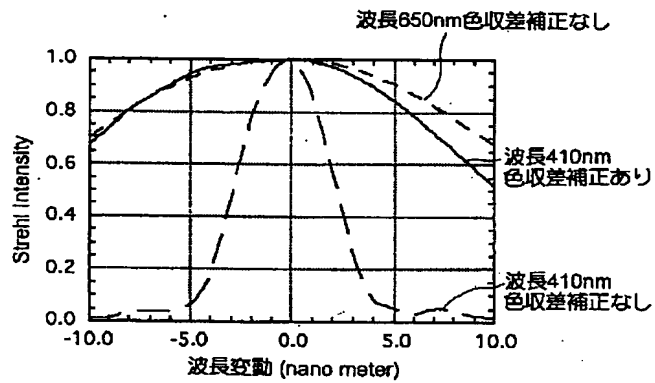


POSITION 1	DIFFRACTION INTENSITY SPREAD FUNCTION - STREHL	WAVELENGTH 415.0 NM WEIGHT 1
6-APR-98	FLD( 0.00, 0.001 MM; 0.0, 0.0125 MM DEFOCUSING: 0.000000 MM	

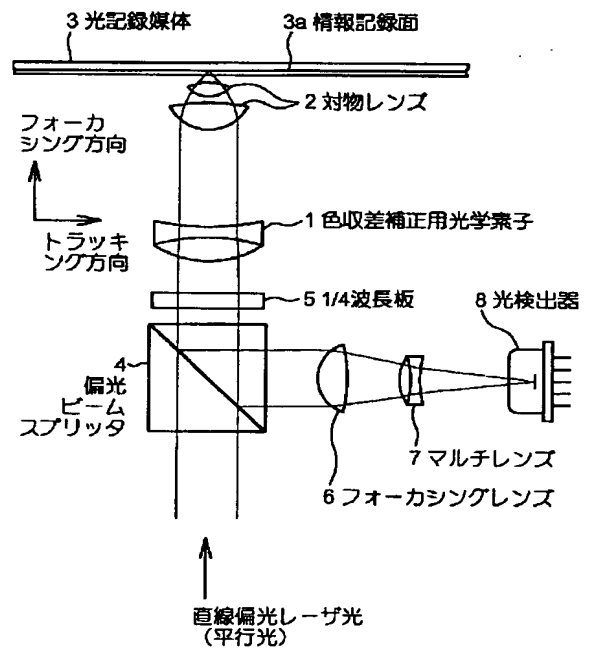
【図 20】



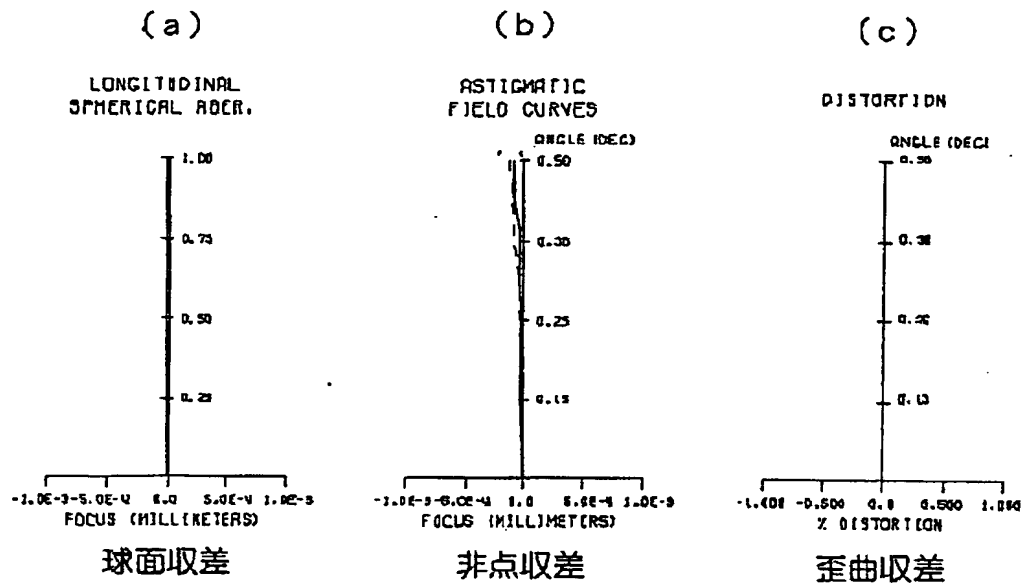
【図 22】



【図 29】

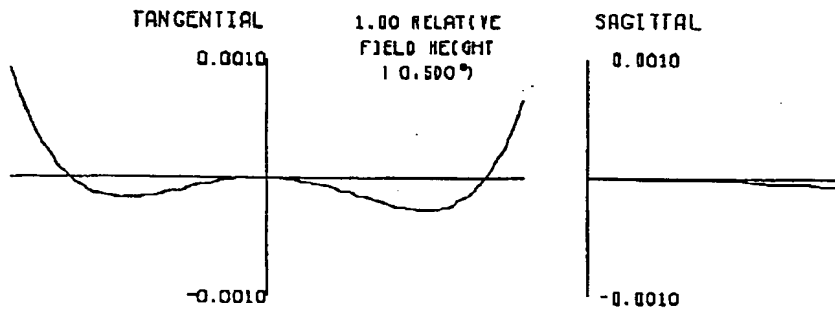


【図 24】

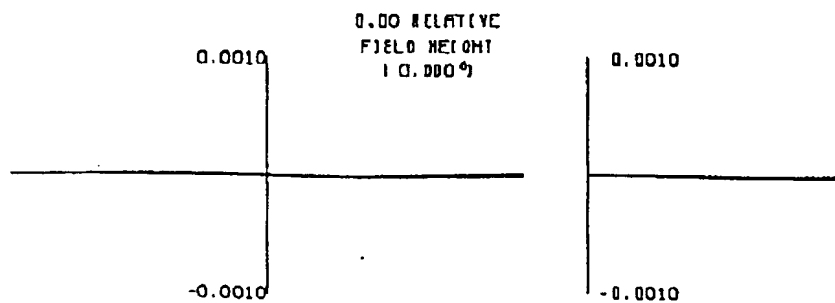


【図 25】

(a) 画角0.5nmでの横収差

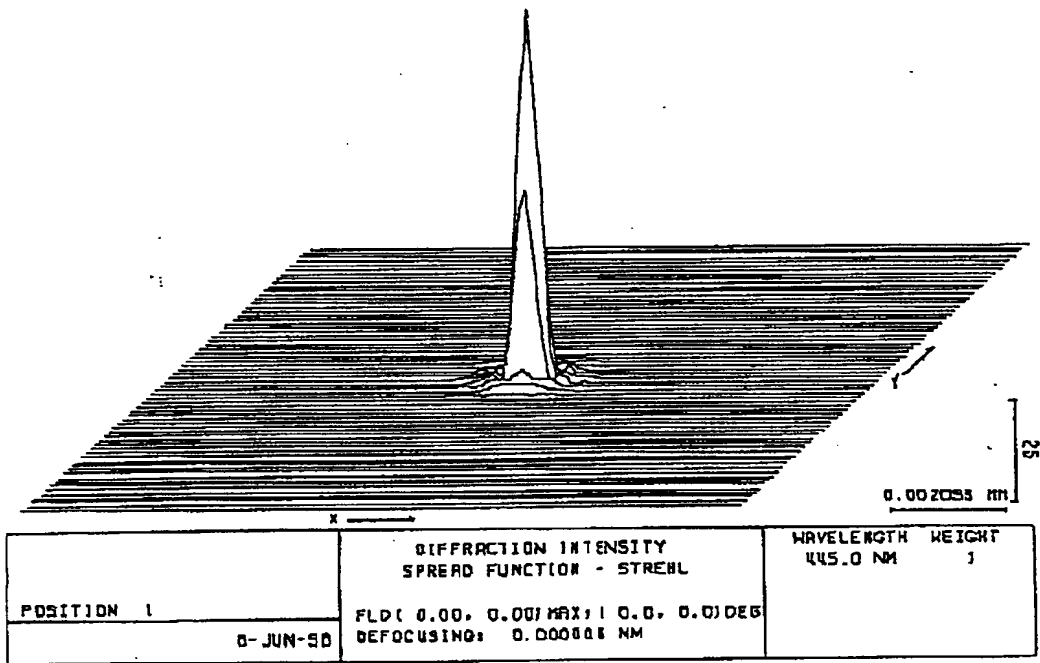


(b) 軸上での横収差



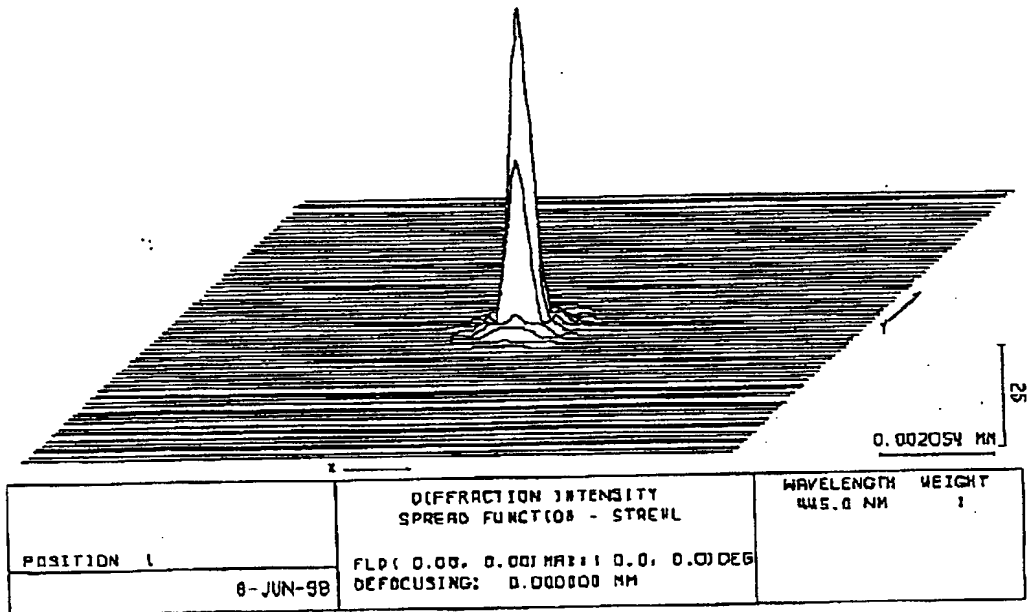
【図 26】

89%

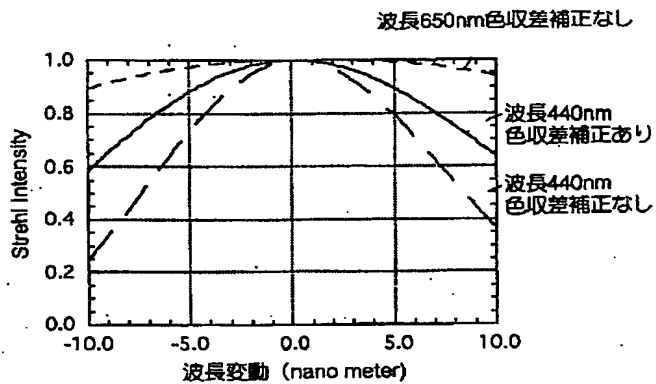


【図 27】

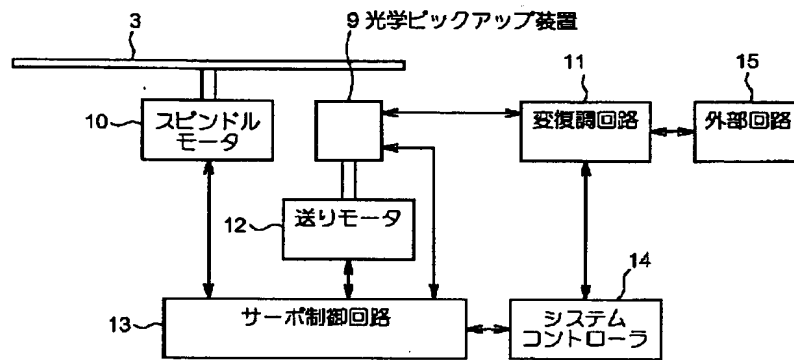
79%



【図 28】



【図 30】



フロントページの続き

(72) 発明者 渡辺 俊夫  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72) 発明者 鈴木 彰  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72) 発明者 大里 潔  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

F ターム (参考) 2H087 KA13 LA01 NA14 PA01 PA02  
PA03 PA17 PA18 PB01 PB03  
PB04 QA02 QA03 QA05 QA06  
QA07 QA12 QA14 QA21 QA22  
QA25 QA26 QA33 QA34 QA41  
QA42 QA45 QA46 RA05 RA12  
RA13 RA42  
5D075 AA03 CD06 CD17 CD18  
5D119 EC03 HA63 JA02 JA43 JB01  
JB02 JB04